

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNEE 1940
—

THÈSE

N°.....
657

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PRÉSENTÉE PAR

Robert, André COVILLE

Né le 4 Août 1913, à ORLÉANS (Loiret)

Ancien Externe des Hôpitaux de Paris

Interne de l'Hôpital Saint-Joseph de Paris

Les
Insuffisances Cardiaques

Les mesures
de la valeur fonctionnelle du cœur

Président : M. LAUBRY, Professeur

PARIS

LIBRAIRIE LOUIS ARNETTE
2, RUE CASIMIR-DELAVIGNE, 2

—
1940

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNEE 1940

THÈSE

N°

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PRÉSENTÉE PAR

Robert, André COVILLE

Né le 4 Août 1913, à ORLÉANS (Loiret)

Ancien Externe des Hôpitaux de Paris

Interne de l'Hôpital Saint-Joseph de Paris

Les

Insuffisances Cardiaques

Les mesures

de la valeur fonctionnelle du cœur

Président : M. LAUBRY, Professeur

PARIS

LIBRAIRIE LOUIS ARNETTE

2, RUE CASIMIR-DELAVIGNE, 2

1940

Doyen TIFFENEAU.

I. — Professeurs

Anatomie.	
Physiologie	
Physique médicale.	
Chimie médicale.	
Bactériologie.	
Parasitologie et histoire naturelle médicale.	
Pathologie et thérapeutique générales	
Pathologie médicale.	
Pathologie chirurgicale.	
Anatomie pathologique.	
Histologie.	
Pharmacologie et matière médicale.	
Thérapeutique.	
Hygiène et médecine préventive	
Médecine légale	
Histoire de la médecine et de la chirurgie	
Pathologie expérimentale et comparée.	
Hydrologie thérapeutique et climatologie.	
Clinique médicale.	
Hygiène et clinique de la première enfance.	
Clinique des maladies des enfants	
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale	
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	
Clinique des maladies du système nerveux	
Clinique des maladies infectieuses	
Clinique chirurgicale.	
Clinique ophtalmologique	
Clinique urologique.	
Clinique d'accouchements.	
Clinique gynécologique.	
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	
Clinique thérapeutique médicale	
Clinique oto-rhino-laryngologique.	
Clinique thérapeutique chirurgicale	
Clinique propédeutique.	
Clinique de la Tuberculose	
Clinique chirurgicale orthopédique de l'adulte	
Clinique cardiologie	
Clinique de neuro-chirurgie.	
Assistance médico-sociale.	

MM.
ROUVIERE.
Léon BINET.
STROHL.
POLONOVSKI.
Robert DEBRE.
BRUMPT.
BAUDOUIN.
PASTEUR-VAL-
LERY-RADOT.
MONDOR.
LEROUX.
CHAMPY.
TIFFENEAU.
AUBERTIN.
TANON.
BALTHAZARD.
LEVY-VALENSI.
Henri BENARD.
CHIRAY.
ABRAMI.
FIESSINGER.
LOEPER.
KATHERY.
LEREBOULLET.
NOBECOURT.
LAIGNEL-
LAVASTINE.
GOUGEROT.
GUILLAIN.
LEMIERRE.
CUNEO.
GOSSET.
GREGOIRE.
LENORMANT.
VELTER.
CHEVASSU.
COUVELAIRE.
JEANNIN.
LEVY-SOLAL.
MOCQUOT.
OMBREDANNE.
HARVIER.
LEMAITRE.
Pierre DUVAL.
VILLARET.
TROISIER.
MATHIEU.
LAUBRY.
Clovis VINCENT.
N...
HAZARD.
MULON.
OLIVIER.
SANNIE.
VERNE.

Professeurs sans chaire.

II. — Agrégés en exercice

MM.
AMELINE Pathologie chirurgicale.
BARIETY Pathologie médicale.
BERNARD Et. . . . Pathologie médicale.
BESANÇON (J.) . . Hydrologie.
BONNET Bactériologie.
BOULANGER ... Chimie.
BOULIN Pathologie médicale.
BROUET Pathologie médicale.
BULLIARD Histologie.
CACHERA Pathologie médicale.
CORDIER Anatomie.
COSTE Pathologie médicale.
COUVELAIRE (R.) . Urologie.
DELARUE Anatomie pathologique.
DELAY Pathologie médicale.

MM.
DEGREZ (H.).. Physique.
DESOILLE Médecine légale.
DIGONNET Obstétrique.
DOGNON Physique.
FEVRE Pathologie chirurgicale.
FUNK-
BRENTANO.. Pathologie chirurgicale.
GALLIARD Parasitologie.
GARCIN Pathologie médicale.
M^{lle} GAUTHIER-
VILLARS.. Anatomie pathologique.
GAYET Physiologie.
DE GENNES ... Pathologie médicale.
GIROUD Histologie.
HAGUENAU Pathologie médicale.



MM.
HALPHEN Oto-rhino-laryngologie.
JOANNON Hygiène.
LACOMME Obstétrique.
LANTUEJOL .. Obstétrique.
LAVIER Parasitologie.
LELONG Pathologie médicale
LEMAIRE Pathologie expérimentale
LENEGRE Pathologie médicale.
LEVY (M^{re} J.).. Pharmacologie.
MARCHAL Pathologie médicale.
MENEGAUX ... Pathologie chirurgicale.
MOLLARET Pathologie médicale.

MM.
MOUQUIN Pathologie médicale.
PATEL Pathologie chirurgicale.
PETIT
DUTAILLIS Pathologie chirurgicale.
RENARD Ophtalmologie.
RICHET Physiologie.
SENEQUE Pathologie chirurgicale.
SICARD Pathologie chirurgicale.
SOULIE Pathologie médicale.
SUREAU Obstétrique.
TURPIN Pathologie médicale
WILMOTH Pathologie chirurgicale.

III. — Agrégés rappelés à l'exercice pour le service des examens

MM.
ALGLAVE Pathologie chirurgicale.
BUSQUET Pharmacologie.
CHAILLEY-
BERT Physiologie.
GUENIOT Obstétrique.

MM.
HEITZ-BOYER .. Pathologie chirurgicale.
LARDENNOIS .. Pathologie chirurgicale.
LE LORIER Obstétrique.
NEVEU-
LEMAIRE. Parasitologie.
VAUDESCAL ... Obstétrique.

IV. — Agrégés chargés de cours de clinique annexe à titre permanent

MM.
ALAJOUANINE.
BRULE
CATHALA
CHABROL
CHEVALLIER.
DONZELOT
DUVOIR
GASTINEL
HUGUENIN ...
LAROCHE (G.).
LIAN
MOREAU
PIEDELIEVRE.
SEZARY
 } Clinique médicale.

MM.
BASSET
BROCQ
CADENAT
GATELIER
DE GAUDART-
D'ALLAINES.
LEVEUF
MOULONGUET.
MOURE
QUEU
 } Clinique chirurgicale
ECALLE
METZGER
PORTES
VIGNES
 } Clinique obstétricale

V. — Chargés de cours

MM.
CHAILLEY-BERT, agrégé Education physique
LEDoux-LEBARD Radiologie clinique.
RUPPE Stomatologie.
WEILL-HALLE Puériculture.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A LA MEMOIRE DE MON PERE

A MA MERE

A MON MAITRE

Monsieur le Professeur LAUBRY

Professeur de Cardiologie clinique

Membre de l'Académie de Médecine

Qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de cette thèse.

Je tiens à lui exprimer ici ma très vive gratitude pour la bienveillance qu'il m'a toujours témoignée.

A Monsieur le Docteur PRUCHE

Membre titulaire de la Société de Cardiologie

Qui m'a inspiré ce travail, en témoignage de ma reconnaissance et de mon attachement.

A MES MAITRES DANS LES HOPITAUX

Stage

Monsieur le Professeur ACHARD.

Monsieur le Professeur DELBET.

Monsieur le Docteur LABEY.

Monsieur le Professeur HARVIER.

Externat

Monsieur le Docteur DENIKER.

Monsieur le Professeur GUILLAIN.

Monsieur le Professeur LAUBRY.

Monsieur le Professeur CHEVALLIER.

Monsieur le Professeur HARVIER.

Monsieur le Docteur WEISSENBACH.

Monsieur le Docteur LEHELLE.

CHAPITRE PREMIER

DEFINITION DE LA VALEUR FONCTIONNELLE DU CŒUR

Le cœur possède au point de vue physiologique une double fonction : il doit distribuer à tout l'organisme la quantité de sang indispensable à son bon fonctionnement, et épuiser le sang que cet organisme a utilisé. Il doit donc normalement répondre à tous les besoins qui lui sont demandés, s'adapter à toutes les modifications que l'organisme réclame.

Ces besoins sont, à tous moments, variables ; ils diffèrent, en effet, sous l'action d'influences multiples, et surtout, suivant l'état de repos ou d'activité. Dans le premier état ou de repos, le cœur doit fournir un certain travail : c'est ce qu'on appelle « l'énergie actuelle du cœur ». Ce travail est plus considérable à l'effort, car les besoins nutritifs de l'organisme augmentent alors ; le cœur libère de l'énergie potentielle : c'est ce qu'on appelle le travail du cœur sur sa « Puissance de Réserve », c'est-à-dire l'effort supplémentaire que fournit le cœur à l'occasion d'une suractivité organique de quelque ordre qu'elle soit.

Le cœur normal s'adapte aisément à toutes ces mo-

difications même quand elles sont très brusques, son énergie diminuant au repos, augmentant à l'effort. Sa valeur fonctionnelle sera dite normale si le cœur est capable d'assurer constamment aux divers territoires organiques le débit sanguin nécessaire et suffisant ; s'il est capable aussi d'assurer constamment l'épuisement du sang utilisé.

Comme l'énergie à mettre en jeu peut brusquement augmenter dans des proportions très considérables, le cœur doit être à même d'augmenter brusquement et considérablement aussi son énergie de contraction. Il en va bien ainsi, le myocarde ayant à sa disposition un supplément d'énergie contractile auquel il peut toujours faire appel ; c'est, nous venons de le voir, la puissance de réserve du cœur. Il l'utilise plus ou moins suivant les résistances à surmonter.

La différence entre sa puissance totale potentielle actuelle et sa puissance actuelle mesure donc la valeur fonctionnelle d'un cœur. La réduction de cette différence (l'énergie actuelle étant celle du repos) est une expression de l'insuffisance fonctionnelle du myocarde.

Il est à remarquer que la valeur fonctionnelle du cœur peut être considérée sous deux aspects différents.

a) *La valeur fonctionnelle absolue* : C'est le travail maximum que le cœur peut fournir ; elle ne pourrait se mesurer que par un effort qui obligerait le cœur à aller jusqu'à la limite de sa puissance de réserve ;

c'est évidemment une épreuve qu'il est impossible de rechercher en clinique ;

b) *La valeur fonctionnelle relative* : C'est l'étude de la réaction du cœur à un travail standard, toujours le même, travail pratiqué dans des conditions identiques ; c'est là une épreuve facile à réaliser en pratique.

La valeur fonctionnelle doit être mesurée séparément pour le cœur gauche et pour le cœur droit : ils ont, en effet, des fonctions bien distinctes ; le fléchissement de l'un est souvent indépendant de celui de l'autre.

Un cœur gauche dont la valeur fonctionnelle est normale est celui qui peut procurer en temps opportun à tous les systèmes organiques quelles que soient leurs exigences et les résistances périphériques à vaincre, la quantité de sang qui lui est nécessaire et suffisante.

Un cœur droit dont la valeur fonctionnelle est normale est celui qui peut débarrasser en temps opportun les divers appareils soit au repos, soit en activité, de la totalité du sang utilisé par eux.

L'épreuve d'exercice standard utilisée en pratique consiste à faire exécuter au malade, debout, 20 flexions sur les membres inférieurs (Alfred Martinet). Dans ces conditions, il s'effectue dans les muscles des membres inférieurs un travail supplémentaire important nécessitant pour ces muscles une brusque augmentation de la quantité du sang qu'ils reçoivent, une vitesse accrue de ce sang, un épuisement plus ra-

pide du sang utilisé. Ces nouvelles caractéristiques hémodynamiques « en plus » sont réalisées par la transformation en énergie actuelle d'une quantité convenable de l'énergie potentielle dont le cœur dispose. La suractivité circulatoire se manifeste d'abord dans les muscles qui travaillent, mais, progressivement, elle s'étend à tout l'organisme ; même à distance, on constate presque immédiatement des modifications circulatoires importantes : augmentation appréciable du volume et de la vitesse du sang circulant.

Considérons maintenant un ventricule gauche dont la valeur fonctionnelle est diminuée.

Le cœur, qu'il soit normal ou pathologique, va d'abord donner aux muscles qui travaillent, c'est-à-dire dans le cas présent, aux muscles des membres inférieurs, l'apport sanguin nécessaire et suffisant. Ces muscles seront donc normalement vascularisés ; *si non l'exercice ne pourrait être effectué*. On ne notera aucun signe de fatigue locale, pas de crampes, pas de fourmillements. Mais si, comme c'est le cas pour le cœur insuffisant, le débit cardiaque est diminué, l'apport sanguin convenable aux membres inférieurs en travail ne peut être réalisé qu'aux dépens du débit sanguin destiné à des territoires éloignés et actuellement au repos. *Ce n'est donc pas au niveau du territoire vasculaire en action (ici membres inférieurs) que se manifestera l'insuffisance du débit sanguin, mais dans les territoires à distance, aux membres supérieurs par exemple ; c'est là que nous observerons, après l'exercice standard, une insuffisance du débit*

sanguin si la réaction du myocarde à l'épreuve standard est déficiente.

L'expérience montre, en effet (exercice standard), que : immédiatement après les 20 flexions des membres inférieurs :

1° Chez le normal : le volume et la vitesse du sang augmentent dans les membres supérieurs, entre des limites bien définies et restreintes ;

2° Quand le cœur fléchit : le volume et la vitesse du sang reçu par les membres supérieurs s'abaissent ;

3° Dans l'éréthisme cardiaque : au contraire, ces valeurs s'élèvent.

On voit donc déjà comment le cœur doit réagir en présence d'un travail supplémentaire à lui imposé. Il doit, avant tout, persévérer dans sa fonction qui est d'assurer le débit suffisant aux territoires en travail. La pression n'est qu'un moyen ; ses variations ne font que montrer comment le cœur réagit à l'effort, mais elles n'indiquent pas quel est le résultat de cette réaction. L'expression de ce résultat est une valeur de débit, de quantité de sang et non de pression. Or, à cause des variations continuelles échappant à notre estimation, des résistances périphériques à vaincre (amplitude vaso-motrice plus ou moins grande), il n'y a en hémodynamique aucune relation nécessaire entre l'ampleur d'une réaction sphrygmomanométrique du cœur, réaction qui n'est que le moyen, et la valeur du débit assuré par cette réaction, débit qui est la fin. Les pressions d'effort convenables sont celles assurant le débit qu'il faut.

Si nous insistons sur ces données, c'est parce que des modifications déterminées de la pression artérielle ont été longtemps considérées comme étant une expression de la valeur fonctionnelle du cœur gauche. Normalement, les examens faits après l'épreuve standard montrent que la différentielle maxima-minima (Mx-Mn) ainsi que la différence Maxima-Moyenne (Mx-My) croissent après l'effort surtout par élévation de la Maxima.

En cas d'insuffisance ventriculaire gauche, l'effort provoquerait une réduction de la Différentielle (Mx-Mn) et de la Différence (Mx-My) par chute de la Maxima et élévation de la Minima. En réalité, on ne constate jamais en pratique chez des sujets venant consulter pour le cœur, une réduction de la Différentielle ou de la Différence (Mx-My), consécutive à l'effort par chute de la Maxima et élévation de la Minima. Dans tous les cas, que la valeur fonctionnelle du cœur gauche soit normale ou diminuée, la Maxima augmente, la minima s'élève à peine ou reste inchangée, et la pression moyenne ne varie que très peu. Sans doute, dans les cas extrêmes, la défaillance du ventricule gauche se manifestera par des modifications, à l'épreuve standard, de la tension artérielle ; mais alors, de telles modifications font partie de tout un ensemble de symptômes cliniques d'insuffisance cardiaque évidente. Or, il ne s'agit pas dans ces épreuves fonctionnelles du cœur, de rechercher une insuffisance qui s'impose cliniquement, alors que l'épreuve standard pourrait être un danger, mais de dépister tout fléchissement du cœur même et surtout léger.

On voit donc qu'il n'existe pas de rapport nécessaire entre la valeur de la Différentielle et la valeur fonctionnelle du cœur. Un sujet dont les tensions sont $Mx = 13$, $mn = 10$, P. D. = 3 (faible), ne présente pas nécessairement plus d'insuffisance cardiaque que celui dont la tension est $Mx = 13$, $mn = 8$ ou 6, P. D. = 5 ou 7 (élevés). Mais, à l'inverse, il faut bien savoir *qu'une pression différentielle de valeur normale ne veut pas dire que la valeur fonctionnelle du cœur gauche est normale*, et dans beaucoup d'insuffisances ventriculaires gauches légères ou moyennes, la pression différentielle reste longtemps normale. Dans certains cas, cependant, on pourra observer au cours de l'exercice standard, une réduction de la Maxima avec ascension de la minima, donc une pression Différentielle diminuée ; c'est là l'indice d'un cœur gauche non plus insuffisant, mais forcé, souvent précurseur d'une crise d'œdème pulmonaire. Or, nous insistons, ce qu'on doit dépister dans les épreuves de la valeur fonctionnelle du cœur, ce n'est pas une grande hyposystolie du cœur gauche, mais bien une diminution même légère de sa valeur fonctionnelle. Cette diminution précède l'hyposystolie confirmée quelquefois de longtemps. De son dépistage précoce dépend la précocité, c'est-à-dire l'efficacité du traitement.

En conclusion, il résulte de ce qui précède, que les épreuves sphygmomanométriques ne donnent pas d'indications sur la diminution de la valeur fonctionnelle du cœur gauche à son début. Ce qu'il faut obtenir, ce sont des mesures de débit, et non des mesures

de tensions ; les tensions qui conviennent sont celles qui assurent le débit nécessaire et suffisant, et il n'existe aucune relation chez les insuffisants cardiaques entre les débits et les valeurs tensionnelles.

Pas plus que les modifications de la tension artérielle pour le cœur gauche, la pression veineuse, considérée isolément, ne peut donner de renseignements sur la valeur fonctionnelle du cœur droit.

Le rôle du cœur droit, en effet, au cours de la révolution cardiaque, consiste à débarrasser, grâce à une valeur déterminée de son énergie d'aspiration diastolique, les divers organes du sang utilisé par eux. Un cœur droit dont la valeur fonctionnelle est normale est donc celui dont l'énergie d'aspiration diastolique est suffisante pour débarrasser en temps opportun les divers appareils, soit au repos, soit en activité, de la totalité du sang utilisé par eux. Cette activité est comparable dans ses variations à celle du cœur gauche ; moindre au repos, elle augmente à l'effort. Elle doit, comme pour le cœur gauche, s'adapter aux besoins sans cesse variables de la circulation. Si le cœur droit est insuffisant, son aspiration diastolique devient moindre ; le ventricule droit ne peut aspirer tout le sang veineux qu'il faudrait ; il se produit de la stase en amont, c'est-à-dire dans les veines, stase d'autant plus marquée que le ventricule droit est plus déficient.

Dans ces conditions, il serait logique de penser que la pression veineuse augmente ; elle indiquerait alors, très simplement, une défaillance fonctionnelle du ven-

tricule droit. En réalité, le taux de la pression veineuse ne saurait à lui seul constituer un critère de la valeur fonctionnelle du cœur droit. En effet, il faut souligner *qu'une stase veineuse importante peut ne pas s'accompagner d'une augmentation sensible de la pression veineuse*. Les veines ont, en effet, cette propriété essentielle d'être *extensibles* ; la quantité de sang qu'elles contiennent peut être anormalement exagérée sans que la pression y augmente ; leurs parois se distendent et, par suite, la capacité augmente par augmentation de leur calibre. La pression qui existe à leur intérieur peut demeurer sans changement.

Inversement, le système veineux peut ne contenir qu'une quantité de sang normale, bien que la pression veineuse soit élevée ; ce sont tous les cas où l'extension des parois veineuses est limitée, soit par un état pathologique de la paroi veineuse, soit par des causes extra-vasculaires diverses, où les veines sont bridées par un tissu fibreux ou graisseux trop développé. Un facteur donc importe, plus que la pression veineuse, c'est le pouvoir d'extensibilité des veines. Pour apprécier la stase veineuse il faut donc quelque chose de plus que la pression veineuse, faire intervenir une autre notion : celle du coefficient d'extensibilité des veines d'autant moindre pour une veine donnée que celle-là même est déjà plus remplie.

Modes d'adaptation du cœur à l'effort

Le cœur, gauche ou droit, possède la faculté de pouvoir à tous moments faire face aux différents besoins de l'organisme, c'est-à-dire d'adapter constamment la valeur de son énergie contractile aux résistances du moment, pour assurer toujours le débit nécessaire et suffisant (alimentation et aspiration).

Etudions par quels moyens le cœur peut s'adapter à l'effort lequel nécessite un plus grand débit sanguin :

a) Il peut le faire tout d'abord en accroissant uniquement son énergie de contraction, ce qui a pour effet, toutes choses égales d'ailleurs, d'augmenter le volume sanguin systolique. Dans ces conditions, la fréquence étant inchangée, la quantité de sang lancée par le cœur en un temps t augmente.

Par quel moyen le myocarde augmente-t-il son énergie contractile ? Starling a montré que la valeur de l'énergie systolique du myocarde est fonction du degré d'allongement de ses fibres pendant la diastole : plus cet allongement est grand à la fin de la diastole, plus grande est l'énergie systolique développée. C'est la « loi du cœur » de Starling, d'ailleurs applicable au tissu musculaire en général.

Considérons un ventricule en aval duquel les résistances augmentent brusquement. A la systole suivant immédiatement cette augmentation des résistances, moins de sang pénètre dans les artères et il

y a, par suite, accroissement du volume sanguin ventriculaire résiduel, c'est-à-dire du volume qui reste dans le ventricule après chaque systole.

Pendant la diastole suivant immédiatement, le ventricule recevant des veines un volume de sang qui n'a pas changé, il y a, à la présystole, davantage de sang dans le ventricule qu'avant l'augmentation des résistances.

Le nouveau volume ventriculaire est en effet la somme : volume résiduel (augmenté) + volume diastolique (inchangé). Il en résulte qu'à la seconde présystole les fibres myocardiques sont soumises à un allongement plus grand qu'avant l'intervention des résistances accrues. Grâce à cet allongement diastolique plus grand, l'énergie de la contraction systolique augmente (loi de Starling). Remarquons que l'accroissement de l'énergie systolique est la conséquence d'une plus grande dilatation diastolique du cœur. D'un cœur à l'autre, et, pour un même cœur au cours de son évolution pathologique, l'énergie systolique correspondant à une dilatation diastolique définie des fibres myocardiques, varie. Starling a appelé tonus du cœur le rapport :

Energie de la contraction systolique

Allongement diastolique des fibres myocardiques

Le tonus du cœur est d'autant plus élevé que la valeur de ce rapport est plus grande.

En conclusion, retenons de ces quelques lignes que la dilatation du cœur n'est pas nécessairement un

symptôme de faiblesse, mais peut être une adaptation physiologique et une condition essentielle pour rendre le cœur capable de répondre aux demandes diverses qui lui sont faites au cours d'une existence normale. A mesure que le cœur se fatigue, la force de contraction diminue, si bien que le cœur doit se dilater de plus en plus pour que chaque contraction produise le même débit qu'auparavant ; la fatigue du cœur se manifeste donc, non par une défaillance dans l'accomplissement de son travail, mais par l'impossibilité d'accomplir son travail s'il n'a pas subi une certaine valeur de dilatation. Lorsque sont dépassées les limites du pouvoir d'adaptation possédé par le cœur, les signes de l'insuffisance cardiaque apparaissent ; celle-ci n'est en somme que l'effet de l'obligation pour le cœur de fournir des efforts au delà de l'épuisement de toute la marge de dilatation dont il dispose.

A la « loi du cœur » existe en effet une limite : l'impossibilité pour le cœur dilaté d'une dilatation plus grande. Une telle éventualité est possible, au moins théoriquement, dans des conditions de très grand effort chez l'individu en bonne santé, la limite de dilatation étant la résistance du péricarde ; mais c'est surtout pour le cœur pathologique que la dilatation a des limites plus précises : inextensibilité du myocarde résultant d'une dégénérescence scléreuse ou fibreuse de ce tissu, péricarde anormalement résistant, etc...

Nous voyons donc qu'un des modes de l'adapta-

tion du cœur à l'effort peut être l'augmentation de son volume. Les données radiologiques orthodiagraphiques sont donc un des éléments qui devront entrer en ligne de compte dans l'appréciation de la valeur fonctionnelle du cœur.

Ce mode d'adaptation peut être le seul observé au cours des épreuves d'effort standard ; c'est là une éventualité rare. En réalité, il ne s'observe à l'état isolé que chez quelques sujets fortement vagotoniques ou hyposympathicotoniques. Normalement, en effet, le cœur est en quelque sorte tenu en lisière par le vague, et son rythme n'atteint que la moitié de celui qu'il adopte quand il est entièrement libéré de l'influence du para-sympathique. Chez les vagotoniques, l'action frénatrice du vague prédomine ; ils ne peuvent donc suffisamment accélérer le rythme de leur cœur ; ils réagissent par suite à l'effort en augmentant beaucoup l'énergie de la contraction cardiaque et fort peu la fréquence du rythme. On aura, dans ce cas, normalement, à l'épreuve d'effort une augmentation de la Maxima et de la Différentielle, mais peu ou pas d'accélération au pouls.

Considérées sous cet angle, les épreuves sphygmanométriques d'effort montrent en quelle proportion le cœur combine contraction et fréquence pour assurer l'irrigation de l'organisme ; ces épreuves constituent des tests neuro-végétatifs mais pas davantage.

b) Le cœur peut encore s'adapter à l'effort d'une autre manière : en augmentant sa fréquence. *Des*

contractions lentes mais à ondées systoliques volumineuses, d'une part ; des contractions à ondées systoliques de volume moindre, mais plus fréquentes, d'autre part, peuvent aboutir au même résultat : faire passer dans les artères en un temps t , un égal volume de sang.

La réaction accélératrice du cœur à l'effort est un phénomène extrêmement banal. Un effort modéré, effectué par un sujet en équilibre physiologique entraîne une tachycardie légère et éphémère ; le cœur s'accélère aux environs de 100 ; après la cessation de l'effort la tachycardie persiste un instant puis se réduit plus ou moins lentement jusqu'aux confins de la normale qui, d'ordinaire est atteinte progressivement une à deux minutes après la fin de l'exercice. Un effort intense ou prolongé peut engendrer chez un sujet sain une tachycardie plus accentuée et plus durable. *En tout état de cause, l'accélération du pouls ne peut être considérée à elle seule comme un signe de défaillance cardiaque ; on ne peut voir en elle un moyen de mesurer la force de réserve du cœur.* Vaquez reconnaît mais limite la part de l'influence du myocarde dans la production de la tachycardie d'effort ; d'autres auteurs considèrent cette influence comme nulle ; quoi qu'il en soit on ne saurait contester que d'autres facteurs interviennent dans la genèse de la tachycardie dynamique.

C'est d'abord, et surtout, l'hyperexcitabilité du système nerveux accélérateur : la transmission centrale des excitations sensibles nées dans les muscles en

exercice est de nature à stimuler les centres accélérateurs sympathiques, comme peut être aussi à inhiber les centres bulbaires du vague.

D'autres auteurs (Gallavardin) considèrent la tachycardie d'effort comme indépendante de la force contractile du myocarde ; ils voient en elle le résultat d'un réflexe sympathique, qui n'est susceptible de renseigner que sur l'excitabilité du sinus.

L'importance du facteur nerveux sympathique explique qu'une réaction accélératrice ample soit la réaction habituelle du cœur à l'effort dans les sympathicotoniques, en dehors de toute altération du myocarde. L'effort détermine alors une accélération du pouls parfois considérable, tandis que la Maxima et la Différentielle s'élèvent peu.

La réaction accélératrice d'effort s'observe rarement à l'état pur et les deux modes réactionnels : contraction et fréquence se combinent en proportion variable. Tantôt c'est la réaction contractile qui prédomine, tantôt c'est la fréquence. *Mais un sujet déterminé réagit toujours de la même manière à l'exercice standard, et il semble bien que son allure réactionnelle dynamique soit dominée par sa formule neuro-végétative circulatoire :* Prédominance de la réaction contractile chez les Vagotoniques et Hypo-sympathicotoniques ; prédominance de la réaction fréquence chez les Sympathicotoniques.

Dans les névroses cardio-vasculaires, chez les grands Amphotoniques surtout, la réaction qui est à la fois chez eux de contraction et de fréquence dé-

passé la mesure, et le débit cardiaque d'effort devient alors anormalement élevé : c'est l'éréthisme cardiaque, lequel peut être, suivant le mode réactionnel dépassant le plus la mesure, un éréthisme surtout contractile ou un éréthisme surtout de fréquence.

L'adaptation du cœur à l'effort par augmentation de la fréquence de son rythme peut également s'observer à l'état pur, lorsque la dilatation du cœur n'est plus possible. C'est ce qui se passe :

a) lorsque le cœur est bridé par un péricarde à la limite de sa distension ;

b) lorsque le cœur dilaté atteint la paroi thoracique ;

c) lorsque des lésions scléreuses ou fibreuses du myocarde s'opposent à une plus grande dilatation.

Dans ces diverses éventualités, le cœur ne peut plus augmenter de volume ; incapable, par suite, d'accroître davantage l'énergie de sa contraction (loi de Starling), sa réaction d'adaptation à l'effort devient uniquement accélératrice.

En résumé, d'une part :

— *augmentation de l'énergie de contraction*, pour le cœur gauche,

— *augmentation du volume de l'aspiration diastolique* pour le cœur droit ;

D'autre part : *augmentation de la fréquence du rythme*, tels sont les deux modes réactionnels grâce auxquels le cœur s'adapte à l'effort. Ces réactions n'ont qu'un seul but : celui d'augmenter le débit sanguin afin de satisfaire aux besoins accrus des terri-

toires en travail. Ces deux modes : contraction et fréquence peuvent s'observer à l'état isolé ; c'est rare ; le plus souvent, et c'est là une réaction normale, l'énergie contractile et la fréquence augmentent simultanément. On peut, suivant les sujets, avoir une prédominance de l'une ou de l'autre réaction suivant les caractéristiques neuro-végétatives circulatoires. La réaction « fréquence » est plus accusée chez les Sympathicotoniques ; la réaction « énergie contractile » prédomine chez les Vagotoniques. Ce mode réactionnel double est aussi celui des grands Amphotoniques, mais on observe constamment chez eux, de l'éréthisme cardiaque, tantôt de contraction, tantôt de fréquence, le but de la réaction d'adaptation : augmentation du débit, étant alors dépassé.

La valeur fonctionnelle du cœur se déduit des données obtenues par la confrontation :

a) des résultats des épreuves réactionnelles à l'exercice standard, qui sont des épreuves de débit ;

b) avec les données radiologiques orthodiagraphiques.

Pour le cœur gauche : Si le débit est insuffisant, il y a insuffisance fonctionnelle du cœur gauche, quelles que soient les modifications des tensions artérielles.

Si le débit est normal à l'effort, la valeur fonctionnelle du cœur gauche est normale, quelles que soient les modifications des tensions artérielles.

Si le débit est exagéré, il y a éréthisme cardiaque qui peut être tantôt un éréthisme de contraction, tantôt de fréquence, tantôt les deux à la fois.

Pratiquement, on se trouve toujours en présence d'un des cinq cas suivants :

Examen radiologique orthodiagraphique normal :

épreuves normales ; cœur normal.

épreuves subnormales : débilité cardiaque.

épreuves surnormales : éréthisme cardiaque.

Cœur dilaté ; épreuves normales ou même éréthiques. Préhyposystolie.

Cœur dilaté ; épreuves déficientes : hyposystolie.

Pour le cœur droit :

En remplaçant la notion « débit ventriculaire » par celle de « volume de l'aspiration diastolique », ces mêmes considérations et classification sont valables.

CHAPITRE II

LA CARDIO-DYNAMOMETRIE

La Cardio-dynamométrie est l'ensemble des mesures qui mettent en évidence la valeur fonctionnelle des deux cœurs, droit et gauche ; ce sont des mesures non plus de tensions mais de débits.

I. — Principe de l'épreuve fonctionnelle du ventricule gauche

La mesure de l'épreuve fonctionnelle du cœur gauche est basée sur l'épreuve de la réplétion veineuse de Govaerts. La quantité de sang qui traverse dans un temps t un organe ou un segment de membre fournit la véritable mesure de l'activité circulatoire à ce niveau. Le débit circulatoire dans l'avant-bras, par exemple, est d'autant plus élevé que les pulsations cardiaques sont plus nombreuses et que le volume de l'ondée systolique est plus grand. Lorsque le retour du sang vers le ventricule droit n'est entravé par aucun obstacle, la pression veineuse n'augmente pas. Mais si on intercale une résistance sur la circulation de retour au cœur droit, la pression

s'élève en amont de ce barrage. L'ascension de cette pression est d'autant plus rapide que les veines en amont du barrage sont plus vite remplies et l'on peut en déduire une mesure indirecte du débit circulatoire périphérique. Si l'on place sur le bras une manchette de l'oscillomètre de Pachon par exemple et si on y établit une pression égale à la diastolique artérielle, le sang continue à passer sous la manchette lors de chaque ondée systolique. Ce sang traverse les capillaires et s'accumule dans les veines de l'avant-bras ; la pression s'élève alors dans les veines jusqu'au moment où elle devient égale à la pression artérielle diastolique. A ce moment un état d'équilibre est réalisé puisque la pression veineuse est égale à celle qui règne à l'intérieur de la manchette. Si la pression veineuse tend à s'élever encore, une certaine quantité de sang veineux franchit la manchette et s'échappe vers le cœur. *Cet état d'équilibre sera atteint d'autant plus rapidement que, dans les conditions réalisées, le débit circulatoire périphérique de l'avant-bras est plus considérable.* Chez les sujets normaux, au repos, la réplétion veineuse s'effectue en un temps variant de 45 à 60 secondes.

L'épreuve de la réplétion veineuse constitue, d'après Govaerts, une méthode d'examen clinique spécialement apte à mettre en évidence la valeur fonctionnelle du cœur gauche.

Cette épreuve présente en pratique de nombreux inconvénients.

a) Elle est sanglante, nécessite une ponction vei-

neuse et parfois l'utilisation d'anti-coagulants ; par conséquent, elle n'est pas assez clinique et ne permet pas de mesures en série ;

b) Elle est recherchée chez le sujet en décubitus dorsal sans aucun effort préalable. Or, il n'est pas rare de constater dans ces conditions un allongement marqué de l'épreuve, alors qu'après l'exercice elle apparaît normale ou même éréthique. Le cœur, en effet, réagit immédiatement à l'effort, tandis qu'il reste souvent indifférent à des variations vaso-motrices qui, au repos, exercent une influence marquée sur la valeur du temps de remplissage, en dehors de toute participation cardiaque ;

c) Le principe de l'épreuve n'envisage que le temps de remplissage ; il ne tient compte ni de la valeur de la capacité antibrachiale à remplir, ni des résistances rencontrées par le cœur pour remplir cette capacité ; or, ce sont là des variables dont nous allons montrer l'importance pratique.

La notion de la capacité à remplir est un facteur qui ne peut être négligé. Cette capacité, en effet, est loin d'être toujours la même ; variable suivant les sujets, elle varie également chez le même sujet suivant l'état vaso-moteur du moment (vaso-contraction ou vaso-dilatation) ; on conçoit donc que plus cette capacité à remplir est grande, plus toutes choses égales d'ailleurs le cœur mettra de temps à la remplir.

Examinons le graphique représentant l'augmenta-

tion de volume de l'avant-bras pendant la réplétion veineuse (fig. 1).

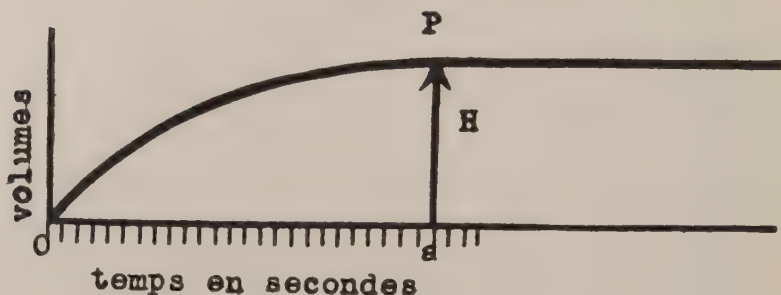


FIG. 1. — Courbe de réplétion veineuse.

Nous voyons que le tracé s'élève assez brusquement au début, plus lentement ensuite, atteint enfin un certain niveau qu'il ne dépasse plus et devient horizontal en un point P. Cette limite est atteinte en un temps t que l'on peut aisément mesurer. Si nous abaissons de ce point P une perpendiculaire sur l'horizontale de base en un point A, la hauteur H de cette perpendiculaire mesure le maximum de l'augmentation de volume de l'avant-bras ; *cette hauteur H est proportionnelle à la valeur de capacité remplie par le cœur gauche.*

Prenons une autre courbe de remplissage, nous remarquons que la hauteur H mesurée dans les mêmes conditions est différente de la hauteur H de la courbe précédente (fig. II).

On comprend d'ailleurs aisément que plus la capa-

city à remplir sera grande, plus la hauteur H sera grande, elle aussi, et inversement. Les deux facteurs, capacité remplie et temps de remplissage, étant ainsi déterminés, il est alors possible de connaître la vitesse de remplissage ou, plus exactement, d'obtenir un indice variant comme elle, donc la mesurant. La vitesse étant proportionnelle à la capacité à remplir

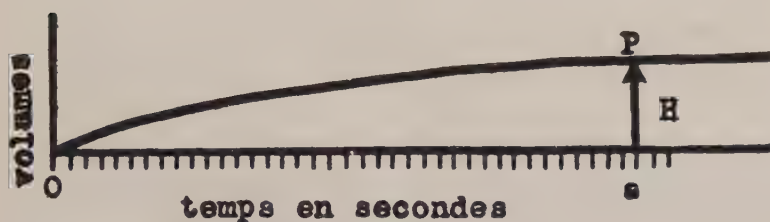


FIG. 2. — Courbe de réplétion veineuse.

H (exprimé en millimètres) et en raison inverse du temps t (en secondes), on a :

$$V = \frac{H}{t} \text{ (où } H \text{ et } t \text{ sont connus).}$$

$\frac{H}{t}$ est donc bien un indice de la vitesse de remplissage variant comme et dans le même sens que cette dernière. Cet indice de vitesse de remplissage ou de la réplétion veineuse sera normal, insuffisant, exagéré, suivant que la quantité de sang envoyée par le ventricule gauche dans le segment de membre d'ex-

périence, c'est-à-dire le débit ventriculaire gauche, sera lui-même normal, insuffisant ou exagéré.

La valeur normale de cet indice de vitesse $\frac{H}{t}$ est fonction de la valeur absolue de H. En effet, toutes choses égales d'ailleurs, le cœur normal demandera d'autant plus de temps pour remplir la capacité H que cette dernière sera plus grande.

En examinant la formule de l'indice de remplissage H/t , nous voyons que plus la capacité remplie H augmente, plus normalement le temps t doit augmenter aussi. *Mais, en réalité, il n'en est pas ainsi.*

En effet, si la vaso-constriction diminue la grandeur de la capacité à remplir (H s'abaisse), en même temps elle augmente la résistance rencontrée par le cœur pour remplir cette capacité réduite (t augmente); si la vaso-dilatation augmente la grandeur de la capacité à remplir (H s'élève), en même temps elle diminue la résistance rencontrée par le cœur pour remplir cette capacité accrue (t diminue).

De toutes ces données, il résulte que la valeur absolue de H exerce sur la valeur du temps de remplissage t deux influences de signes contraires.

Si l'on considère H comme une expression de la capacité remplie, cette capacité est d'autant plus grande que H est plus grand et le temps de remplissage t varie dans le même sens que H.

Si l'on considère H comme une expression vaso-motrice, les résistances à vaincre sont d'autant moins

dres que H est plus grand et *le temps de remplissage varie en sens inverse de H* . Ce qu'il importe par conséquent de savoir, c'est la part respective de ces deux influences (capacité remplie et résistance à vaincre) s'exerçant en sens contraire dans le déterminisme de la valeur normale, en fonction de H , du rapport H/t . *L'expérience montre que H agit beaucoup plus comme expression vaso-motrice que comme expression capacité remplie*. En d'autres termes, plus H est grand, plus, relativement t diminue et plus, par suite, à l'état normal, le rapport H/t , l'indice de vitesse de remplissage, s'élève.

La mesure de la valeur fonctionnelle du cœur gauche est une mesure essentiellement clinique, permettant les recherches en série; la mesure est effectuée après un exercice standard : 20 flexions profondes sur les membres inférieurs, sujet debout, à un rythme rapide. C'est, nous le répétons, une mesure de débit recherchée sur un territoire à distance du territoire en travail; c'est là que se manifeste d'abord l'insuffisance du débit cardiaque. On comprime le bras à l'aide d'un brassard de hauteur et de capacité définies dans lequel on établit une pression un peu inférieure à la pression moyenne artérielle préalablement mesurée. Cette pression permet par conséquent au sang artériel d'alimenter normalement l'avant-bras et la main. Mais, si la circulation d'arrivée est normale, la circulation de retour, par contre, est arrêtée, la compression du bras étant largement supérieure à la pression veineuse normale. Que va-t-il alors se pas-

ser ? Les veines de l'avant-bras vont gonfler, l'avant-bras augmenter de volume et *cette augmentation de volume peut être mesurée à l'aide d'un pléthysmomètre fixé sur l'avant-bras*. L'augmentation de volume de l'avant-bras n'est pas illimitée; la pression veineuse de ce segment de membre s'élève, atteint progressivement le taux de la pression moyenne artérielle. Au moment précis où la pression dépasse très légèrement la pression moyenne artérielle, le sang veineux franchit le brassard brachial et par suite la circulation de retour se rétablit; un état d'équilibre est réalisé : la pression veineuse dans ces conditions, ne variant plus, le volume de l'avant-bras par suite, ayant atteint une certaine valeur d'augmentation, reste fixe. On peut aisément mesurer cette valeur de l'augmentation de volume de l'avant-bras et le temps nécessaire à la réaliser. Ce temps est celui qui est nécessaire au ventricule gauche pour remplir les veines de l'avant-bras. Les valeurs H et t ainsi déterminées, on établit le rapport H/t , l'indice de vitesse de remplissage. On compare cet indice de vitesse avec l'indice normal établi expérimentalement pour la même valeur de H (des tables ont été dressées donnant ces valeurs) et on obtient l'indice ventriculaire gauche brut qui est :

Indice de vitesse mesurée

Indice de vitesse donnée par la table pour la même
valeur de H

*L'indice ventriculaire gauche brut est l'expression
du résultat de la réaction du cœur gauche à l'effort.*

Il montre si la quantité de sang lancé par le ventricule gauche en un temps t dans le membre supérieur est normale, insuffisante, exagérée immédiatement après l'exercice standard.

Si cet indice est normal, c'est que le ventricule projette dans le système artériel après l'exercice la quantité de sang qui convient.

Si cet indice est abaissé, c'est que la quantité de sang projetée dans le système artériel par le cœur gauche après l'exercice est insuffisant.

Enfin, si l'indice ventriculaire gauche est augmenté, c'est que la quantité de sang projetée dans le système artériel par le cœur gauche après l'exercice est exagérée.

L'indice ventriculaire gauche brut indique seulement si la réaction du cœur gauche à l'effort est insuffisante, normale, ou exagérée quant au débit. Cet indice brut ne fait que montrer le résultat obtenu. Mais nous avons vu que le cœur peut réagir à l'effort de deux façons différentes : par augmentation, en proportion variable, de son énergie contractile et de sa fréquence. L'indice ventriculaire gauche brut ne nous apprend rien de cette proportion, il ne nous en donne que le résultat (débit); or, le cœur normal réagit à l'effort en augmentant contraction et fréquence dans un rapport déterminé, normal, assez serré.

Dans une épreuve dynamique cardiaque, il est donc très important de connaître le rapport contraction/fréquence de la réaction à l'effort. Un ventricule gau-

che dont l'énergie de contraction est insuffisante peut compenser cette déficience contractile par une augmentation exagérée de sa fréquence : ondées moins volumineuses mais plus fréquentes. Dans ces conditions la quantité de sang lancée dans les artères par le ventricule gauche en un temps t après l'exercice sera celle qui convient, *l'indice ventriculaire gauche brut sera normal, mais ce résultat normal sera obtenu de façon anormale.*

Au lieu de considérer seulement la valeur absolue de l'indice ventriculaire gauche brut, considérons maintenant le rapport de cet indice à la fréquence du pouls d'exercice. La nouvelle valeur que nous obtenons ainsi sera d'autant plus élevée que pour assurer un même débit l'énergie de chaque contraction cardiaque, au cours de la réaction à l'effort sera plus grande et la fréquence des contractions plus faible (et inversement).

Ce rapport :

Indice ventriculaire gauche brut

fréquence du pouls d'exercice

est ce qu'on peut appeler l'indice ventriculaire gauche net. *L'indice net montre en quelle proportion le cœur a combiné son énergie de contraction et sa fréquence pour lancer dans les artères après l'effort, en un temps t le volume sanguin que l'indice ventriculaire gauche montre être normal ou anormal.* Pour un indice ventriculaire gauche brut de valeur quelconque, plus l'indice ventriculaire gauche net est élevé,

plus l'énergie cardiaque (contraction) mise en jeu l'emporte sur la fréquence et inversement.

Si l'indice net est élevé, la quantité de sang lancée par le ventricule gauche en un temps t immédiatement après l'effort est le fait d'ondées systoliques de volume anormalement augmenté, mais peu fréquentes.

Si au contraire, l'indice net est abaissé, cette quantité de sang est obtenue par des volumes systoliques peu ou pas augmentés, mais de fréquence anormalement élevée.

L'indice ventriculaire gauche net se calcule en divisant l'indice ventriculaire gauche brut par *la fréquence du pouls d'exercice à la minute divisée par 100* :

$$\frac{\text{fréquence du pouls d'exercice à la minute}}{100}$$

c'est-à-dire :

$$\frac{\text{Indice ventricul. gauche (I.V.G.) brut pouls d'exercice}}{100}$$

Normalement, la fréquence du pouls après l'exercice standard est aux environs de 100 pulsations à la minute. Les deux indices ventriculaires gauche brut et net sont égaux et compris entre 0,90 et 1,10.

En résumé, nous voyons que l'indice ventriculaire gauche brut est l'expression du résultat de la réaction du cœur gauche à l'effort, l'indice ventriculaire gauche net montre comment le cœur gauche atteint le résultat obtenu par l'indice ventriculaire gauche brut.

II. — Principe de l'épreuve fonctionnelle du ventricule droit

Il est impossible de mesurer, comme on le fait pour le ventricule gauche, le volume systolique du ventricule droit; mais c'est en cherchant à mesurer l'énergie de l'aspiration diastolique de ce ventricule que nous pourrions en déterminer la valeur fonctionnelle. La diminution de la valeur fonctionnelle du cœur droit ayant pour effet de rendre moindre l'aspiration du sang veineux par le ventricule droit, l'hyposystolie droite déterminera, par conséquent, de la stase périphérique, stase qui sera, toutes choses égales d'ailleurs, d'autant plus marquée que l'aspiration diastolique sera moins énergique. *L'énergie de l'aspiration diastolique est fonction de l'énergie systolique du ventricule droit*; l'aspiration diastolique ventriculaire droite est, en effet, d'autant meilleure, le cœur droit admet un volume diastolique d'autant plus important, que l'énergie de la systole aura préalablement assuré une évacuation ventriculaire droite plus complète.

La diminution fonctionnelle du cœur droit a donc pour effet de déterminer de la stase, de la rétention veineuse en aval du cœur droit et c'est cette rétention qu'il convient de mesurer pour apprécier la valeur du cœur droit. Il serait logique de penser que dans les insuffisances droites, la pression veineuse augmente; en réalité, nous avons vu que le taux de la pression veineuse ne saurait à lui seul constituer

un indice de la valeur fonctionnelle du cœur droit : le système veineux étant très extensible, toute tendance à l'augmentation de pression du sang qu'il contient provoque habituellement une augmentation de calibre des veines. *Il en résulte qu'une importante rétention veineuse peut exister sans augmentation notable de la pression.* Ce qu'il importe de savoir c'est, pour une pression veineuse donnée, quelle est la valeur d'extension de la veine qui correspond à cette pression. Si, pour la pression obtenue, la veine est encore très extensible, cela signifie qu'elle pourrait contenir une notable quantité de sang sans que la pression de ce dernier augmente, cette veine est donc peu remplie, la rétention veineuse est faible. Au contraire, si toutes choses égales du côté de la pression, l'extensibilité de la veine est réduite, cela signifie qu'elle se trouve voisine de la plénitude; la rétention veineuse est forte.

Mesurons maintenant la pression et la rétention veineuse par la méthode pléthysmographique.

Exerçons en aval du territoire veineux (avant-bras) en utilisant un brassard appliqué sur le bras par conséquent, une pression progressivement croissante de 5 en 5 centimètres d'eau et enregistrons simultanément la variation de volume de l'avant-bras à l'aide d'un dispositif pléthysmographique. Dès que la pression de l'air dans le brassard brachial devient très légèrement supérieure à la pression veineuse, la circulation de retour est momentanément arrêtée et l'avant-bras commence immédiatement à augmen-

ter de volume. Le pléthysmographe traduit aussitôt cette augmentation de volume. La valeur de pression du brassard brachial, exprimée en centimètres d'eau, au moment où le tracé pléthysmographique commence à s'élever, est la pression veineuse. Continuons alors la compression du bras en gonflant davantage le brassard brachial jusqu'à une valeur fixe, déterminée une fois pour toutes, de 80 cm. d'eau. Le volume de l'avant-bras augmente progressivement et, par suite, le tracé pléthysmographique anti-brachial s'élève progressivement aussi. Pour 80 cm. d'eau, le tracé atteint par exemple la hauteur D.

Prenons un autre sujet, nous voyons que la pression veineuse est la même que chez le précédent. Mais, ici pour cette même pression veineuse la veine est beaucoup plus remplie, par conséquent l'extension de la veine beaucoup plus poussée dès le début. Dans ces conditions, elle atteint beaucoup plus vite sa limite d'extension et le tracé, pour une contre-pression brachiale de 80 cm. d'eau s'élève d'une hauteur moindre que D, soit D'.

Nous voyons donc que lorsqu'on exerce en aval d'un territoire veineux une contre-pression suffisante pour bloquer complètement la circulation de retour (80 cm. d'eau), le segment de membre qui correspond à ce territoire veineux augmente de volume. Cette augmentation de volume sera d'autant plus grande que les veines se laisseront dilater davantage.

Cette augmentation de volume du segment de membre soumis à une contre-pression définie et fixe (80 cm.

d'eau) qui est variable, et, dans une large mesure indépendante de la valeur absolue de la pression veineuse, est le coefficient d'extensibilité des veines. Ce coefficient mesure l'augmentation de calibre des veines sous l'influence d'une contre-pression en aval de 80 cm. d'eau, c'est-à-dire la possibilité d'extension des veines pour cette contre-pression définie.

La rétention veineuse, c'est-à-dire le volume du sang contenu, retenu dans les veines, peut être normale, exagérée, diminuée.

D'une part : plus la pression veineuse est élevée, plus la rétention veineuse est forte.

D'autre part : plus le coefficient d'extensibilité des veines est grand, plus la rétention veineuse est faible.

Par suite : la rétention veineuse est directement proportionnelle à la pression veineuse (P.) et en raison inverse du coefficient d'extensibilité des veines (D). L'indice de rétention veineuse I.R.V. est :

$$\text{I. R. V.} = \frac{P}{D}$$

Contrairement à l'établissement de l'indice ventriculaire gauche qui ne comporte qu'une seule mesure, l'établissement des indices de rétention veineuse en comporte trois. Il faut déterminer cette rétention en décubitus dorsal chez le même sujet :

- a) — Stabilisé, avant l'exercice standard;
- b) — Immédiatement après cet exercice;
- c) — Trois minutes après.

La valeur absolue de la rétention veineuse d'exer-

cice ne saurait être un critère de la valeur fonctionnelle du cœur droit. Ce critère, c'est le rapport de la rétention de repos à celle de l'exercice.

Contrairement à ce qui se passe pour le ventricule gauche, où l'exercice provoque, même à distance, l'augmentation du débit sanguin, on peut observer chez les sujets les plus normaux, immédiatement après l'exercice une diminution de la valeur de l'aspiration diastolique du ventricule droit et, par conséquent, une augmentation, par rapport à l'indice de repos, de l'indice de rétention veineuse d'exercice, expression d'une légère stase veineuse.

Mais, si la valeur fonctionnelle du cœur droit est normale, cette augmentation de l'indice de rétention veineuse d'exercice ne dépasse pas certaines limites. *En aucun cas l'indice de rétention veineuse d'exercice ne dépasse normalement le double de l'indice de rétention veineuse de repos. En outre, trois minutes après l'exercice, l'indice de rétention veineuse doit être redescendu à sa valeur initiale.*

Calcul de la valeur fonctionnelle du cœur droit.

L'épreuve ventriculaire droite effectuée, on connaît les trois pressions P; les trois coefficients d'ex-

tensibilité D, et par suite $\frac{P}{D}$ p/D, c'est-à-dire les trois

indices de rétention veineuse I.R.V., avant, aussitôt après, trois minutes après l'exercice. Le rapport

Indice de rétention veineuse de repos avant l'exercice

Indice de rétention veineuse aussitôt après l'exercice

Ce rapport multiplié par deux est l'indice ventriculaire droit brut.

Voici l'explication de cette multiplication par deux : Nous avons vu qu'à l'état normal, l'I.R.V. d'exercice ne doit pas dépasser le double de celui de repos. Par conséquent l'indice ventriculaire droit brut ne doit pas normalement dépasser 0,50. En multipliant systématiquement sa valeur par deux, l'indice ventriculaire normal devient 1,00. La valeur normale des deux indices gauche et droit est la même.

En un temps t la quantité de sang aspiré par le ventricule droit varie suivant que le sujet est au repos ou qu'il vient d'accomplir un effort. L'indice ventriculaire droit brut (I.V.D. brut) est l'expression de cette variation. Il montre si la quantité de sang aspiré par le ventricule droit en un temps t dans le membre supérieur est normale, insuffisante, exagérée immédiatement après l'exercice standard.

L'indice ventriculaire brut nous montre le résultat obtenu, par la combinaison des deux facteurs : énergie de l'aspiration et fréquence des aspirations, mais il ne nous apprend pas en quelle proportion le cœur droit, au cours de sa réaction à l'effort, effectue cette combinaison. Or le cœur droit normal réagit à l'effort en combinant aspiration et fréquence dans un rapport déterminé, normal. Dans une épreuve dynamique droite, il est donc très important de connaître le

rapport $\frac{\text{aspiration}}{\text{fréquence}}$ de la réaction à l'effort.

Ce rapport : $\frac{\text{indice ventriculaire droit brut}}{\text{fréquence du pouls d'exercice}}$ est
l'indice ventriculaire droit net.

L'indice ventriculaire droit net montre en quelle proportion le cœur droit a combiné l'énergie et la fréquence de ces aspirations pour extraire des veines en un temps t le volume sanguin que l'indice ventriculaire droit brut montre être normal ou anormal. Pour un I.V.D. brut de valeur quelconque, plus l'I.V.D. net est élevé, plus l'énergie de l'aspiration l'emporte sur la fréquence des aspirations (et inversement).

CHAPITRE II

LE CARDIODYNAMOMETRE DESCRIPTION — MODE D'EMPLOI

Le cardiodynamomètre est un appareil portatif. Il a été établi pour fonctionner en conjugaison avec un sphymomanomètre, quel que soit le type de ce dernier. La liaison des deux appareils s'effectue très simplement et seulement pour la durée des mesures.

L'aspect extérieur du dynamomètre rappelle celui d'un oscillomètre. En réalité ces deux appareils sont très différents et par construction et par principe. Le cardiodynamomètre se compose de deux parties, entièrement distinctes, séparées, qui ne sont incluses dans le même boîtier que pour plus de commodité. Ces deux parties sont :

a) *le pléthysmoscope* — c'est un tambour anéroïde indéréglable et très sensible, dont l'aiguille en se déplaçant sur un cadran gradué, met en évidence, et extériorise les variations de volume les plus faibles. Le pléthysmoscope est rigoureusement standardisé : tous les appareils donnent la même valeur de déviation pour la même variation de volume.

b) *les manomètres* — le manomètre à eau est fixé sur le pléthysmoscope; le manomètre à mercure est celui du sphymomanomètre conjugué.

Mode d'emploi du cardiodynamomètre

Le sujet est en décubitus dorsal, membres inférieurs étendus, immobile en résolution musculaire aussi complète que possible.

Le membre supérieur droit, sur lequel vont porter les mesures est disposé horizontalement, perpendiculaire à l'axe du corps. Il est maintenu dans cette position grâce à un support à distance, sur lequel repose la main ouverte, en relâchement musculaire complet.

Après avoir laissé le sujet au repos pendant 5 minutes pour assurer sa stabilisation, on applique sur le bras droit le brassard du sphygmomanomètre, et sur l'avant-bras droit, juste au-dessous du coude, le brassard du cardiodynamomètre. Ce dernier brassard est un brassard pléthysmométrique. Il est réduit à la poche en caoutchouc, ne possède ni liens, ni enveloppe en étoffe, ces accessoires ne permettant pas un contact suffisamment précis avec les téguments, parce que trop rigides.

Pour appliquer le brassard du cardiodynamomètre, on le fixe avec une bande Velpeau sans le serrer, mais en ayant soin de maintenir toute sa surface au contact des téguments de l'avant-bras. *Le brassard pléthysmométrique doit être appliqué correctement et avec soin : c'est une condition absolue de la réussite des mesures.*

Les deux appareils : sphygmomanomètre et cardiodynamomètre étant conjugués :

- a) ouvrir le robinet r du manomètre à eau (manette verticale),

- b) brancher le tube tp au brassard pléthysmométrique B²,
- c) mettre au zéro l'aiguille du cardiodynamomètre en agissant sur la vis de réglage b,
- d) rétablir l'égalité de pression sur les deux faces du tambour contenu dans l'appareil en ouvrant un instant le coupe-circuit S. Après cette manœuvre, remettre l'aiguille au zéro, si nécessaire.

Mesure de la valeur fonctionnelle du cœur droit

Le sujet est immobile en décubitus dorsal, l'appareillage est disposé comme il vient d'être dit.

On gonfle alors le brassard sphygmomanométrique B¹ en suivant sur le manomètre à eau du cardiodynamomètre et en arrêtant un instant la compression de 5 en 5 cm. d'eau.

A chaque arrêt de la compression de 5 en 5 cm. d'eau, on interroge l'aiguille du dynamomètre, elle enregistre le pouls et l'oscillation qu'elle présente s'effectue d'abord entre les deux mêmes divisions de 0 à 1 par exemple. Pour une certaine valeur de pression dans le brassard sphygmomanométrique l'oscillation gagne franchement vers la droite. *La pression lue au manomètre à eau du cardiodynamomètre pour laquelle l'oscillation commence à se déplacer vers la droite est la pression veineuse exprimée en cm. d'eau.*

On continue à gonfler le brassard du sphygmomanomètre jusqu'à 80 cm. d'eau, l'aiguille du cardiody-

namomètre dévie de plus en plus vers la droite. Quand l'aiguille est définitivement stabilisée, c'est-à-dire enregistre seulement le pouls, mais ne gagne plus vers la droite, lire la valeur de la déviation de l'aiguille sur le cadran du cardiodynamomètre pour une contre-pression de 80 cm. d'eau soit G cette déviation, elle mesure l'extension veineuse.

Nous venons de mesurer P la pression veineuse; l'indice de rétention veineuse est :

$$\text{I. R. V.} = \frac{P}{D}$$

Ce premier indice étant mesuré, on débranche les deux brassards et le sujet se lève; il effectue debout l'exercice standard : vingt flexions profondes sur les membres inférieurs à un rythme rapide.

Aussitôt cet exercice terminé, le sujet s'allonge à nouveau.

a) on rebranche alors immédiatement les deux tubes de caoutchouc sur l'embout de leur brassard respectif,

b) on note la fréquence du pouls,

c) on mesure l'indice de rétention veineuse comme au repos.

Enfin trois minutes plus tard on mesure, toujours dans les mêmes conditions, le sujet en décubitus, l'indice de retour à l'équilibre.

L'épreuve terminée, nous connaissons :

la valeur des trois indices de rétention veineuse :

avant l'exercice, immédiatement après, trois minutes après

la fréquence du pouls après l'exercice.

Il ne reste plus qu'à établir les rapports suivants :

1° I. R. V. avant l'exercice

I. R. V. immédiatement après l'exercice

ce rapport multiplié par deux donne :

l'indice ventriculaire droit brut (normal = 1,00)

2° Le rapport

$$\frac{\text{indice ventriculaire droit brut}}{\text{fréquence du pouls d'exercice}} = 100$$

c'est l'indice ventriculaire droit net (normal = 1,00).

3° Le rapport

I. R. V. avant l'exercice

I. R. V. 3 minutes après l'exercice

c'est le retour à l'équilibre (normal = 1,00 ou plus grand que 1,00).

Mesure de la valeur fonctionnelle du cœur gauche

Il n'y a qu'une seule mesure à effectuer, celle immédiatement consécutive à l'exercice.

a) on dispose l'appareillage comme pour l'épreuve ventriculaire droite, *on supprime seulement la capacité additionnelle C intercalée entre la poire d'insufflation et son tube.*

b) on débranche les deux brassards en enlevant les tubes de l'embout de leur brassard respectif.

c) on ferme le robinet *r* du manomètre à eau du cardiodynamomètre (manette horizontale) ce qui a pour effet de le mettre hors circuit.

d) le sujet exécute alors debout 20 flexions profondes sur les membres inférieurs, puis se rallonge immédiatement,

e) on compte le pouls pendant 15 secondes et on ramène la fréquence à la minute,

f) il faut ensuite rebrancher vivement et en évitant toute interversion, les tubes aux brassards,

g) l'aiguille du cardiodynamomètre est réglée à zéro en ouvrant un instant le coupe-circuit S,

h) on établit alors rapidement dans le brassard du sphygmomanomètre une pression égale à la pression moyenne artérielle (préalablement mesurée) moins 1,

i) au moment, exactement, où on commence à envoyer de l'air dans le brassard on met en marche la trotteuse d'une montre ou d'un compteur de secondes. Quand la pression moyenne moins 1 est établie, on abandonne la poire de compression et on observe l'aiguille du cardiodynamomètre. Dès le début de la compression du bras par le brassard sphygmomanométrique, l'aiguille du cardiodynamomètre dévie vers la droite, rapidement d'abord puis plus lentement. Il arrive un moment où deux ou trois pulsations successives oscillent entre les mêmes divisions du cardiodynamomètre sans gagner vers la droite, marquant ainsi un temps d'arrêt.

j) à ce moment il faut immobiliser le chronographe, et lire immédiatement sur le cadran du cardiodynamomètre la division la plus à droite que l'aiguille atteint mais ne dépasse pas. *Cette division est la déviation H,*

k) le temps t exprimé en secondes qu'a mis l'aiguille à atteindre la déviation H est noté; on connaît également la fréquence du pouls p mesurée aussitôt après l'exercice.

Le rapport $\frac{H}{t}$ est l'indice de vitesse de remplissage.

L'indice de vitesse, nous le savons, n'est pas à l'état normal une constante, il est fonction de la valeur de la déviation H . La comparaison de l'indice de vitesse

de remplissage $\frac{H}{t}$ que nous venons de trouver avec

le normal, donné par la table (jointe à l'appareil) pour la même valeur de H donne le rapport :

indice de vitesse trouvé

indice de vitesse donné par la table pour la même valeur de H

C'est l'indice ventriculaire gauche brut (normal : 1,00).

Divisons maintenant l'indice ventriculaire gauche brut par le centième de la fréquence du pouls à la minute (pouls d'exercice) nous avons le rapport :

indice ventriculaire gauche brut

fréquence du pouls d'exercice

100

C'est l'indice ventriculaire gauche net (normal : 1,00).

CHAPITRE III

LA CARDIODYNAMOMETRIE EN CLINIQUE

La cardiodynamométrie est essentiellement une épreuve clinique. Facile à appliquer, relativement rapide, puisqu'avec un peu d'habitude toutes les mesures peuvent être faites en dix minutes environ, elles permettent des examens en série. Son intérêt consiste à mesurer la valeur fonctionnelle du cœur au cours des affections cardiaques, à rechercher le retentissement cardiaque d'un état pathologique. Elle permet également de poser des indications thérapeutiques, mesurer l'efficacité d'un traitement : stabiliser un obèse ou un hypertendu par exemple, fixer la part respective des deux cœurs dans une hyposystolie et en déduire les conclusions thérapeutiques qui conviennent.

Nous allons étudier dans ce chapitre la cardiodynamométrie :

- 1° Au cours d'une cure de réduction chez les obèses.
- 2° Dans les hypotensions artérielles.
- 3° Dans les hypertensions artérielles.
- 4° Dans les insuffisances cardiaques.

La cardiodynamométrie chez les obèses

La cardiodynamométrie chez les obèses, au cours de la cure de réduction, qu'il s'agisse de pléthoriques obèses ou du syndrome adiposo-génital, permet de se rendre constamment compte de la valeur fonctionnelle du cœur et de régler, de doser la cure aux valeurs convenables.

OBSERVATION I. — Mme K. L. G... Il s'agit d'une malade pléthorique obèse présentant une insuffisance droite caractérisée. Nous l'examinons pour la première fois en novembre 1936.

Son poids est de 70 kg. 100.

Le pouls à 84.

La tension artérielle Mx : 14; My : 10,5.

L'épreuve d'effort met en évidence chez cette malade un indice ventriculaire gauche net de 1,64, donc un léger éréthisme gauche et un indice ventriculaire droit net de 0,60, donc une très nette diminution de la valeur fonctionnelle du cœur droit.

Le traitement est institué et nous revoyons la malade deux mois après, en janvier 1937.

Le poids est de 64 kg., donc chute de poids.

Le pouls à 72.

La tension artérielle Mx : 11; My : 8,5.

L'indice ventriculaire gauche net est à 1,30, donc diminution de l'éréthisme gauche.

L'indice ventriculaire droit net est à 1,12 : la valeur fonctionnelle du cœur droit est donc rétablie et même dépassée au-dessus de la normale.

En avril 1937, les résultats montrent que la réaction est dépassée : le poids est à 60 kg., donc il a encore diminué.

Le pouls est à 72.

La tension est : Mx : 11; My : 9.

Mais l'indice ventriculaire gauche est de nouveau élevé : 1,51 donc éréthisme gauche et l'indice ventriculaire droit est de nouveau diminué à 0,51 donc valeur fonctionnelle droite abaissée.

En juin 1938 on note les mêmes observations qu'à l'examen précédent, c'est-à-dire une chute de poids qui persiste

un éréthisme gauche,

et une valeur fonctionnelle droite abaissée.

En octobre 1938, quelques modifications sont notées :

On constate, en effet, une reprise légère de poids de 3 kg.

Le poids est alors de 63 kg.

OBSERVATION 4120 R. — Mme Klq...

H.	Cœur gauche			Poids	Cœur droit					
	pouls	I vg.B	I vg. N		Av.	Pend.	Ap.	Ivd.B	Ivd.N	
a)										1936
12	124	2,04	1,64	70,100	25	35	20	0,80	0,60	2 novembre
b)										1937
16 1/2	120	1,57	1,30	64	15	20	15	1,34	1,12	13 janvier
c)										1937
12	112	1,70	1,51	61	15	35	20	0,62	0,51	13 avril
d)										1938
24	124	1,36	1,09	60	10	25	20	0,58	0,46	2 juin
e)										1938
22 1/2	120	1,35	1,12	63	10	20	15	0,86	0,68	24 octobre
f)										1940
18	132	1,78	1,34	66	15	40	25	0,50	0,40	5 janvier
g)										1940
24	120	1,18	0,98	59,900	15	15	15	2,32	1,70	12 avril

Cure d'amaigrissement chez une pléthorique obèse avec insuffisance droite caractérisée.

Le pouls à 80.

La tension Mx. : 12; My. : 8.

L'indice ventriculaire gauche est 1,12, la valeur dynamique gauche n'est donc pas modifiée, mais l'indice ventriculaire droit est à 0,68; la valeur dynamique droite est donc légèrement augmentée.

En janvier 1940 l'état de la malade s'est nettement aggravé, le poids a de nouveau augmenté, il est alors de 66 kg.

Le pouls est à 80.

La tension artérielle : Mx. : 14; My. : 9.

L'indice ventriculaire gauche est à 1,34, donc éréthisme gauche, mais surtout on note un abaissement très marqué de la valeur droite.

L'indice ventriculaire droit net est à 0,40 : c'est là une indication d'amaigrissement formelle.

En avril 1940, les résultats obtenus sont favorables :

Le poids a enfin diminué de 6 kg. 100 et a passé à 59 kg. 900.

Le pouls est à 92.

La tension artérielle : Mx. : 13 ; My. : 10.

L'indice ventriculaire gauche net est à 0,98, le cœur gauche n'est donc plus éréthique, mais normal.

L'indice ventriculaire droit net est à 1,70, la réaction est donc dépassée à droite (mais favorable).

OBSERVATION II. — Mme T. B. N. Il s'agit d'une malade obèse pléthorique cliniquement compensée.

Au mois d'avril 1936, le poids est de 104 kg.

Le pouls à 72.

La tension artérielle : Mx. : 16; My. : 9,5.

L'indice ventriculaire gauche net : 1,47.

L'indice ventriculaire droit net : 0,70.

Il existe donc un éréthisme gauche modéré, et malgré

la compensation clinique, les épreuves droites sont un peu déficientes.

OBSERVATION 4012 R. — Mme Thu...

I.	Cœur droit			Poids	Cœur gauche					
	pouls	I vg.B	I vg. N		Av.	Pend.	Ap.	Ivd.B	Ivd.N	
a) 2,5	100	1,47	1,47	104	15	35	25	0,70	0,70	17 avril
b) 8	84	0,74	0,87	94	25	20	20	2,50	2,97	1936 10 juillet
c) 8 1/2	88	1,64	1,86	92,600	15	25	20	1,06	1,26	1936 19 octobre
d) 7 1/2	88	1,04	1,18	91,900	20	25	20	1,82	2,27	1937 19 avril
e)										

Cure d'amaigrissement chez une pléthorique obèse
cliniquement compensée.

En juillet 1936 on constate une chute de poids qui passe à 84 kgs.

Pouls : 72.

Tension Mx. : 13,5 ; My. : 9.

Indice ventriculaire gauche net : 0,87.

Indice ventriculaire droit net : 2,97.

Il existe par conséquent un abaissement net de la valeur fonctionnelle du cœur gauche conjuguée à un fort éréthisme droit.

Nous insistons sur cette formule génératrice d'hypertension pulmonaire nécessitant une surveillance suivie du malade. Cette éventualité se produit fréquemment au début des cures de réduction.

Au mois d'octobre 1936, les résultats obtenus sont alors satisfaisants.

Le poids continue à baisser : 92 kgs 600.

Pouls : 64.

Tension Mx : 13 ; My. : 8.

Indice ventriculaire gauche net : 1,86.

Indice ventriculaire droit net : 1,26.

Il y a donc un relèvement net de la valeur fonctionnelle gauche, devenant même éréthique ; une valeur fonctionnelle droite un peu surnormale : en somme, bonne formule droite et gauche.

Avril 1937 : légère chute de poids : 91 kgs 900.

Pouls : 72.

Tension Mx. : 12 ; My. : 9.

Indice ventriculaire gauche net : 1,18.

Indice ventriculaire droit net : 2,27.

Donc cœur gauche normal, fort éréthisme droit.

Dans ces conditions, la malade est à stabiliser à cette dernière valeur de poids.

Dans ces deux observations la cardiodynamométrie permet donc de se rendre constamment compte de la valeur fonctionnelle du cœur et de doser la cure aux valeurs convenables. Il faut noter que l'on observe souvent aux débuts des cures de réduction, pour une première perte de poids un léger fléchissement de l'indice gauche, lequel remonte pour une perte de poids plus grande et n'est donc pas une indication de suspendre la cure.

La cardiodynamométrie chez les hypotendus

Nous envisagerons uniquement, au cours de ce chapitre, les hypotensions chroniques, celles que l'on peut appeler primitives, constitutionnelles. Nous ne nous occuperons donc pas des hypotensions transitoi-

res ou secondaires : hypotensions fébriles des convalescents, des tuberculeux, des anémiques, de la maladie d'Addison; nous laisserons également de côté les hypotensions consécutives à une maladie infectieuse, à localisations cardiaques, ou résultant d'une imprégnation toxique du myocarde.

En clinique, nombre d'hypotensions artérielles passent inaperçues, parce que dans la grande majorité des cas, les hypotendus sont aussi des dystoniques neuro-végétatifs circulatoires, souvent grands amphotonique ou vagotoniques, et chez beaucoup d'hypotendus, les tensions notées lors d'un premier examen sont normales ou même plus ou moins surélevées ; c'est parce que le sujet est, à ce moment, en pleine réaction angiospasmodique émotive. L'hypotension de fond se trouve ainsi masquée et n'est pas diagnostiquée. Il ne faut donc pas se baser sur les premières mesures tensionnelles que l'on effectue, mais sur les tensions résiduelles.

La cardiodynamométrie permet de distinguer :

- 1° des hypotensions de fatigue où l'indice gauche est abaissé,
- 2° des hypotensions que l'on peut appeler constitutionnelles simples où l'indice gauche est normal ou même éréthique.

OBSERVATION 3.— Il s'agit d'un jeune homme âgé de 19 ans qui vient consulter pour des palpitations et de l'essoufflement.

Ces palpitations surviennent à l'effort même moyen, ou à l'occasion d'une émotion ; mais il est à remarquer

que la fréquence du rythme reste modérée ; c'est le choc contractile qui est augmenté, perçu de façon très anormale.

Examen clinique :

Cœur : rythme régulier, bien frappé, assez lent. Aucun souffle orificiel, diastole silencieuse. Aucune extra-systole, même en décubitus, après une auscultation prolongée.

Tension : maxima abaissée (10), moyenne normale (8).

Pouls : 104 au moment de la prise de tension, en position assise ; la fréquence se stabilise bientôt autour de 84, les tensions restant les mêmes.

L'examen clinique nous apprend donc seulement que notre sujet est un hypotendu, mais la cardiodynamométrie va nous permettre de compléter ces données.

Epreuves dynamiques. Cardiodynamométrie.

Diminution légère, mais nette de la valeur fonctionnelle des deux cœurs gauche et droit. Les indices dynamiques bruts, tous les deux un peu au-dessous de la normale, ont sensiblement la même valeur, 1,80 pour le cœur gauche ; 0,82 pour le cœur droit.

Les indices nets, abaissés des deux côtés, eux aussi, sont égaux, 0,74 à gauche, 0,75 à droite. Cet abaissement des indices nets montre que le volume de l'ondée systolique (cœur gauche), celui de l'aspiration diastolique (cœur droit) sont insuffisants à l'effort. La fréquence d'exercice est normale : 108 pulsations à la minute. Le cœur ne compense pas par une fréquence plus grande des ondes leur insuffisance volumétrique (vago-tonie).

Trois minutes après l'examen standard, la valeur de l'aspiration diastolique du cœur droit est redevenue égale à la valeur de l'aspiration initiale, mesurée avant l'effort, sujet stabilisé en décubitus.

Conclusions :

Hypotension artérielle par débilité cardiaque totale, gauche et droite. Les palpitations avec chocs thoraciques sont le fait d'un cœur vagotonique qui tend toujours à réagir à l'effort en augmentant son énergie de contraction plus que sa fréquence. Les épreuves dynamiques abaissées montrent qu'ici le cœur est bien, en réalité, débile, malgré l'impression d'énergie accrue donnée par les palpitations.

OBSERVATION 4. — Il s'agit d'une jeune fille qui vient consulter parce que depuis un an, lentement, elle augmente de poids.

Par ailleurs, elle ne se plaint de rien. Elle n'accuse en effet aucun trouble fonctionnel ni dyspnée d'effort, ni palpitations, ni gêne d'aucune sorte.

Examen clinique :

Cœur : rythme régulier, bien frappé, un peu lent debout. Contractions nettement plus énergiques en décubitus avec encore un peu plus de ralentissement du rythme. Aucun souffle orificiel.

Tension : maxima nettement abaissée (10), moyenne abaissée (7).

Pouls : 68, régulier, bien frappé.

Épreuves dynamiques — cardiodynamométrie.

Eréthisme ventriculaire gauche léger. Indice gauche brut : 1,17. Cet éréthisme est uniquement de contraction : indice ventriculaire gauche net : 1,17, comme l'indice brut. La quantité de sang projetée dans les artères par le cœur gauche en un temps t , immédiatement après l'exercice standard, est un peu exagérée. Cette exagération est uniquement le fait d'une énergie contractile ventriculaire gauche un peu anormalement accrue à l'effort : le volume de chaque ondée sanguine est augmentée ; la

fréquence des ondes n'est que normale à l'exercice : 100 pulsations à la minute.

Eréthisme ventriculaire droit léger : un peu plus marqué que le gauche : indice droit brut : 1,44. Cet éréthisme est uniquement dû à l'augmentation de l'énergie de l'aspiration diastolique. Indice ventriculaire net : 1,44, comme l'indice brut. La quantité de sang aspirée par le cœur droit dans les veines du membre supérieur, en un temps t, immédiatement après l'exercice standard, est exagérée. Cette exagération est uniquement le fait de l'anormale augmentation de l'énergie d'aspiration diastolique du ventricule droit à l'effort : le volume de chaque onde diastolique est augmenté ; la fréquence des ondes n'est que normale à l'exercice : 100 pulsations à la minute.

Conclusions :

Cette observation est un cas-type d'hypotension constitutionnelle simple.

a) En dehors des caractéristiques sphigmomanométriques hypotensives, maxima et moyenne, tout apparaît sensiblement normal chez cette jeune fille qui, en fait, ne vient se plaindre que de fort peu de chose et craint surtout d'augmenter de poids.

b) Les tensions se sont révélées faibles d'emblée : pas d'angiospasmus au moment des mesures.

c) Les tensions abaissées correspondent à un état d'équilibre : les épreuves dynamiques dépassent la normale, elles sont éréthiques : le cœur réagit efficacement, et même au delà, au coup de fouet de l'effort ; sa réaction exagérée est uniquement contractile, ne porte pas sur la fréquence. Il n'y a pas de débilité cardiaque.

La cardiodynamométrie dans les hypertensions artérielles

La cardiodynamométrie dans les hypertensions artérielles permet de reconnaître si, au cours d'une cure de réduction, la chute tensionnelle est obtenue aux dépens des résistances périphériques ou du myocarde. Le sujet doit être stabilisé aux valeurs tensionnelles les plus faibles correspondant à un indice gauche normal. En règle générale, un hypertendu bien compensé donne des valeurs gauches éréthiques; au cours de la réduction, pour une hypertension déterminée, moindre que l'initiale, l'indice ventriculaire gauche devient normal. Souvent, pour une hypertension encore moindre, l'indice ventriculaire gauche s'abaisse. Il faut stabiliser le sujet avant d'avoir atteint ce dernier point, toujours sujet à révision.

Le premier exemple que nous étudierons est celui d'une hypertension modérée.

Nous voyons le malade pour la première fois en avril :

$$M_x : 16 \text{ — } M_y : 9 \frac{1}{2}.$$

Les épreuves dynamiques montrent en outre un éréthisme ventriculaire gauche.

Au mois de juillet :

la tension artérielle s'est abaissée :

$$M_x : 13 \frac{1}{2} \text{ — } M_y : 9.$$

Mais la valeur fonctionnelle du cœur gauche a diminué. Il s'agit donc d'une chute défavorable des tensions, en grande partie obtenue aux dépens du myocarde.

Nous élargissons le régime, insistons sur le repos, en un mot, nous mettons le malade dans des conditions telles qu'il ne fatigue pas son cœur.

Trois mois plus tard, en octobre :
les valeurs tensionnelles sont légèrement inférieures à celles de l'examen précédent :

Mx : 13 — My : 8

et on constate en même temps un relèvement de la valeur fonctionnelle du cœur gauche, et même un érétisme gauche.

Cette fois, la chute des tensions est favorable : elle est due à la réduction de résistances périphériques exagérées. On note, en effet, que les épreuves cardiodynamométriques sont non plus insuffisantes, mais éréthiques. Aucun toni-cardiaque n'a été prescrit; les prescriptions hygiéno-diététiques ont suffi.

En avril :

les tensions Mx : 12 — My : 9

les épreuves dynamiques sont normales.

C'est l'expression de la cure radicale de ce cas d'hypertension spasmodique commençante : tensions ramenées à la normale, cardiodynamométrie gauche normale aussi.

Dans un autre cas que nous avons étudié, il s'agissait d'une grande hypertension spasmodique :

Mx : 26 — My : 15

avec un érétisme gauche et droit.

Au bout de 3 mois, la tension a diminué :

Mx : 23 — My : 13

Eréthismes gauche et surtout droit, beaucoup plus marqués.

Au bout de 9 mois, la chute des tensions a continué favorablement : $M_x : 21$ — $M_y : 13$ et la valeur fonctionnelle des deux cœurs est, cette fois, sensiblement normale.

On peut constater dans ce cas, qu'au cours de la crise, le cœur gauche n'a fléchi à aucun moment, la chute des tensions a été obtenue aux dépens des résistances périphériques comme il convient.

Dans un troisième cas, il s'agit d'une grande hypertension mixte, compensatrice et réactionnelle.

Au mois de mai :

$M_x : 27$ — $M_y : 20$

Valeur fonctionnelle du cœur gauche diminuée.

Valeur fonctionnelle droite normale.

Le cœur travaille donc sur des résistances périphériques énormes et les surmonte mal : il y a en effet diminution de la valeur fonctionnelle du cœur gauche.

Au mois d'août :

$M_x : 23$ — $M_y : 16$

Valeur fonctionnelle gauche et droite normale, donc réduction favorable des tensions.

Au mois de mars :

$M_x : 22$ — $M_y : 16$

mais on a une diminution marquée de la valeur fonctionnelle du cœur gauche, conjuguée à un fort éréthisme droit. Ce sont là les conditions idéales génératrices d'hypertension pulmonaire (alimentation pul-

monaire augmentée, épuisement diminué) avec ses conséquences : infarctus, œdème pulmonaire, etc...

Remarquons que, au cours des deux derniers examens, Mx a peu varié, que la My est la même, bien que l'état cardiodynamométrique du sujet soit totalement différent, normal d'abord, puis devenu inquiétant. La cardiodynamométrie dans ce dernier cas commande une intervention immédiate : repos au lit, saignée, toni-cardiaque.

La nécessité de cette intervention urgente, les variations tensionnelles ne nous la montrent pas.

La cardiodynamométrie dans les insuffisances cardiaques

Nous donnons ici un exemple type des insuffisances cardiaques. Nous ne pouvons, en effet, multiplier les observations, et nous allons voir les éléments que peuvent donner les épreuves dynamiques au cours d'une insuffisance cardiaque gauche et droite, permettant ainsi de suivre son évolution et l'action des toni-cardiaques.

OBSERVATION 5.— *Mme Ll...* Il s'agit d'une hyposystolie chez une mitrale avec insuffisance fonctionnelle droite et gauche. Dilatation ventriculaire droite; grosse oreillette gauche, cœur « mitral » (rhumatisme articulaire aigu ancien). Arythmie complète par fibrillation auriculaire. Complexes rapides de l'électrocardiogramme normaux.

A. — Nous observons la malade pour la première fois

au mois de mai 1933. Elle présente à ce moment des signes d'hyposystolie au complet avec des signes fonctionnels importants et un gros œdème des membres inférieurs.

Les épreuves dynamiques à cette date montrent une insuffisance fonctionnelle des deux cœurs droit et gauche.

Indice ventriculaire gauche brut : 0,63.

Indice net : 0,39.

Indice ventriculaire droit brut : 0,62.

Indice net : 0,38.

Nous mettons alors la malade au traitement classique : digitale, régime déchloruré, réduction des liquides et repos au lit.

B. — Nous revoyons la malade au mois de juin, les signes fonctionnels ont disparu, la malade se trouve bien, et tous les signes périphériques de l'hyposystolie ont rétrogradé.

Les épreuves dynamiques confirment cette amélioration :

Indice ventriculaire gauche brut : 0,75.

Indice net : 0,62.

Indice ventriculaire droit brut : 0,56.

Indice net : 0,46.

C. — Au mois de décembre, la malade a terminé sa dernière cure de digitaline il y a trois jours. Elle se sent bien, l'examen clinique est satisfaisant. ,

Les épreuves dynamiques demeurent sans grand changement :

Indice ventriculaire gauche brut : 0,68.

Indice net : 0,60.

Indice ventriculaire droit brut : 0,84.

Indice net : 0,75

donc, tout de même, indices augmentés par rapport à l'examen précédent.

D. — Au mois de juin suivant, la dernière cure de digitaline remonte à deux mois et la malade présente des signes périphériques de décompensation nets.

Les épreuves dynamiques montrent un :

Indice ventriculaire gauche brut : 0,64.

Indice net : 0,40.

Indice ventriculaire droit brut : 0,92.

Indice net : 0,57.

E. — Au mois d'août, le traitement type de l'hyposystolie vient d'être terminé, les pilules de Lancereaux ont été arrêtées la veille du jour où nous revoyons la malade; il n'existe plus de signes périphériques d'hyposystolie.

La cardiodynamométrie montre que la valeur fonctionnelle des deux cœurs droit et gauche s'est bien améliorée.

Indice ventriculaire gauche brut : 0,95.

Indice net : 0,84.

Indice ventriculaire droit brut : 1,50.

Indice net : 1,33.

F. — Nous revoyons la malade au mois de février, huit jours après une cure par les pilules de Lancereaux. Au point de vue fonctionnel, elle se sent bien, mais présente de petits signes hyposystoliques périphériques.

Les épreuves dynamiques confirment cette rechute :

Indice ventriculaire gauche brut : 0,64.

Indice net : 0,40.

Indice ventriculaire droit brut : 1,54.

Indice net : 0,96

donc diminution nette de la valeur fonctionnelle du cœur gauche, tandis que la valeur fonctionnelle du cœur droit reste sensiblement normale.

G. — En septembre, la malade a pris les dernières pilules Lancereaux il y a huit jours, elle présente encore des petits signes de décompensation.

Indice ventriculaire gauche brut : 1,13.

Indice net : 0,70.

Indice ventriculaire droit brut : 1,70.

Indice net : 1,06

donc augmentation notable de la valeur du cœur gauche.

H. — Au mois de mars suivant, dernières pilules de Lancereaux il y a un mois, la malade présente des petits signes de décompensation.

Indice ventriculaire gauche brut : 1,16.

Indice net : 0,82.

Indice ventriculaire droit brut : 0,96.

Indice net : 0,70.

I. — Au mois de décembre, la malade vient de terminer, il y a quatre jours, son traitement : digitaline avec repos au lit et régime strictement lacté et réduit. Elle ne présente aucun trouble de décompensation.

Les épreuves dynamiques sont satisfaisantes :

Indice ventriculaire gauche brut : 1,38.

Indice net : 0,96.

Indice ventriculaire droit brut : 2,48.

Indice net : 2,00.

La valeur fonctionnelle du cœur gauche est donc normale et il y a éréthisme du cœur droit.

J. — Au mois d'août suivant, l'amélioration se maintient, la dernière cure de digitaline remonte à 2 mois 1/2; les épreuves dynamiques révèlent toujours un cœur gauche normal avec éréthisme du cœur droit.

K. — Au mois de janvier, la malade, qui a suivi sa dernière cure de digitaline il y a un mois, présente des petits signes de décompensation :

Indice ventriculaire gauche brut : 0,87.

Indice net : 0,57,

donc diminués.

Indice ventriculaire droit brut : 1,08.

Indice net : 0,75.

A l'heure actuelle, la malade continue à réagir dans le même sens. Elle n'a cessé d'être soumise à la réduction des liquides avec régime strictement déchloruré ; elle tient une boulangerie et peut, malgré son état, vaquer à ses occupations.

La cardiodynamométrie dans les insuffisances cardiaques permet donc :

- 1° de mettre ces insuffisances en évidence et d'en tirer l'indication des grands toni-cardiaques,
- 2° de fixer la part respective des deux cœurs dans l'hyposystolie,
- 3° de prévenir une crise d'œdème pulmonaire aigu dont la formule dynamométrique prémonitoire est : indices droits normaux ou éréthiques, indices gauches déficients.

Il faut noter d'ailleurs que les toni-cardiaques n'ont pas une action élective gauche ou droite, et certains peuvent remonter par exemple le cœur gauche déficient, mais en même temps rendre éréthique le cœur droit normal du même sujet.

- 4° de contrôler constamment l'action des toni-cardiaques sur les deux cœurs, et, par suite, d'en effectuer le dosage rationnel, variable avec chaque sujet.

De toutes ces considérations, il résulte que les indices gauches ont une constance remarquable, quel que soit l'état vasculaire donné par H et la fréquence du pouls, ces deux données, bien entendu, variables.

Les indices droits sont beaucoup plus oscillants. Le

cœur droit possède, en effet, en quelque sorte, une action protectrice, il règle autant qu'il le peut (muni à son amont de vastes réservoirs veineux à capacité potentielle considérable) son débit pulmonaire sur les possibilités du cœur gauche jouant souvent ainsi, vis-à-vis de ce dernier, le rôle d'un véritable détenteur.

La rupture d'équilibre (œdème pulmonaire, infarctus pulmonaire) se produit quand, le cœur gauche fléchissant, cette action protectrice du cœur droit est insuffisante ou fait défaut.

OBSERVATION 2689 O. — Mme Ll...

Dates	H.	Cœur gauche		PV			Cœur droit			Tensions	Obs.			
		pouls	I vg.B	Pression veineuse		Ivd.B	Ivd.N	Mx/Mg/pouls						
				I vg. N	AV. Pend. Ap.									
Coefficient d'excensibilité D														
				Av. Pend.	Ap. pouls									
23 mai 1933.	»	160	0,63	0,39	35	50	50	»	»	160	0,62	0,38	13/8/	A
27 juin 1933.	»	120	0,75	0,62	15	30	20	»	»	120	0,56	0,46	13/8/100/	B
27 déc. 1933.	»	112	0,68	0,60	15	30	15	»	»	112	0,84	0,75	14/7/42/	C
26 juin 1934.	9	160	0,64	0,40	30	40	30	2,5	1,5	160	0,92	0,57	12/9/160/	D
7 août 1934.	8	112	0,95	0,84	15	20	20	6	6	112	1,50	1,33	12/7/84/	E
21 févr. 1935.	6,5	160	0,64	0,40	20,5	20,5	20,5	4,5	3,5	160	1,54	0,96	12/9/132/	F
5 sept. 1935.	7	160	1,13	0,70	30	35	35	3,5	3,5	160	1,70	1,06	13/8/112/	G
17 mars 1936.	7 1/2	140	1,16	0,82	20	30	25	11	8	136	0,96	0,70	11/7/88/	H
17 déc. 1936.	4,5	144	1,38	0,96	60	55	40	3,5	4	124	2,48	2,00	13/8 1/2/96/	I
3 août 1937.	4,5	168	1,55	0,92	40	40	30	6	9	168	2,98	1,77	10/8/128/	J
18 janv. 1938	8,5	152	0,87	0,57	25	35	30	14	10,5	144	1,08	0,75	11/8 1/2/116/	K

CONCLUSIONS

1° L'insuffisance fonctionnelle du cœur doit être mesurée séparément pour le cœur gauche et le cœur droit; ils ont en effet des fonctions distinctes, le fléchissement de l'un est souvent indépendant de celui de l'autre.

2° Le fléchissement du cœur se manifeste d'abord au cours de l'effort et par des manifestations circulatoires dans un territoire à *distance* de celui qui travaille.

3° Le cœur doit réagir en présence d'un travail supplémentaire, en persévérant dans sa fonction qui est d'assurer *le débit* suffisant au territoire en travail. La pression n'est qu'un moyen, ses variations ne font que montrer *comment* le cœur réagit à l'effort, mais elle n'indique pas quel est le *résultat* de cette réaction. L'expression de ce résultat est une valeur de débit, de quantité de sang et non de pression.

4° Le cœur s'adapte à l'effort de trois façons différentes

— par renforcement de l'énergie de contraction seule,

- par augmentation de la fréquence,
- par augmentation simultanée et convenable de l'énergie contractile et de la fréquence.

La valeur fonctionnelle du cœur s'exprime par la confrontation des réactions aux épreuves d'effort codifiées standard avec les données radiologiques orthodiagraphiques.

5° Le principe de l'épreuve fonctionnelle du cœur gauche consiste à mesurer après l'épreuve d'effort, au niveau de l'avant-bras, la capacité remplie et le temps de remplissage : cette épreuve permet de mesurer le débit ventriculaire gauche.

6° Le principe de l'épreuve fonctionnelle du cœur droit consiste à mesurer le degré de rétention veineuse, en raison directe de la pression veineuse et en raison inverse du coefficient d'extensibilité des veines : cette épreuve est en rapport avec l'énergie de l'aspiration diastolique du ventricule droit.

7° La cardiodynamométrie est l'ensemble des mesures qui mettent en évidence la valeur fonctionnelle des deux cœurs. C'est une épreuve essentiellement clinique, permettant des examens en série. Elle peut, dans une certaine mesure, contribuer à poser les indications thérapeutiques et mesurer l'efficacité d'un traitement.

Vu :

LE DOYEN :
TIFFENEAU.

Vu :

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE :
LAUBRY.

Vu et permis d'imprimer :

LE RECTEUR DE L'ACADÉMIE DE PARIS,
ROUSSY.

BIBLIOGRAPHIE

- P. GOVAERTS. — L'épreuve de la réplétion veineuse. (*La Presse Médicale*, n° 15, p. 161, du 20 fév. 1924.)
- A. PRUCHE. — La pression moyenne dynamique ou efficace, étude physique et clinique. (*Bulletins et Mémoires de la Société de Médecine de Paris*, séance du 8 mars 1935.)
- Comment déterminer la valeur fonctionnelle du cœur. (*Bull. et Mém. Soc. de Méd. de Paris*, séance du 29 février 1936.)
 - Les applications cliniques du dynamomètre cardiaque. (*Bull. et Mém. Soc. de Méd. de Paris*, séance du 25 avril 1936.)
 - Les limites d'application des lois physiques à la dynamique circulatoire : la cardio-dynamométrie. (*C. R. Société Française de Cardiologie, Archives des maladies du cœur*, n° 11, novembre 1937.)
 - La valeur fonctionnelle du cœur, la cardiodynamométrie. (*C. R. Société Française de Cardiologie, Archives des Maladies du Cœur*, n° 1, janvier 1938.)
 - La Cardiologie du Particien, tome II. (Baillière édit.)
 - La pression veineuse, sa mesure clinique, son champ d'information. (*La Presse Médicale* n° 71, p. 726, du 3 septembre 1924.)

Ernest H. STARLING. — Sur le mécanisme de compensation du cœur. (*La Presse Médicale*, n° 60, p. 641, du 29 juillet 1922.)

VILLARET, SAINT-GIRONS et GRELLETY-BOSVIEL. — La tension veineuse périphérique et ses modifications pathologiques. (*La Presse Médicale* n° 28, p. 318, du 7 avril 1923.)

